

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 40 07 595 A 1

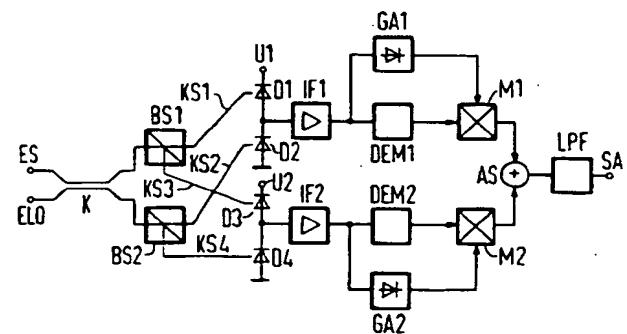
⑯ Int. Cl. 5:  
H 04 B 10/06  
H 04 L 27/22

⑯ Anmelder:  
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

⑯ Erfinder:  
Neidlinger, Stephan, Dipl.-Ing., 8000 München, DE

⑯ DPSK-Polarisations-Diversitäts-Empfänger

⑯ Bekannt ist bei derartigen Empfängern ein Aufbau mit zwei Empfängerzweigen, die jeweils einen schnellen Multiplizierer zur Demodulation der ZF-Signale enthalten. Derartige Demodulatoren sind für ZF-Frequenzen von einigen 100 MHz und einem Dynamikbereich von etwa 16 dB schwierig aufbaubar. Erfindungsgemäß wird deshalb ein Empfänger vorgeschlagen, der geschaltete Ringmischer als Demodulatoren und einen geregelten Verstärker als Multiplizierer enthält.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Polarisations-Diversitäts-Empfänger für DPSK-modulierte Lichtsignale entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Ein derartiger Polarisations-Diversitäts-Empfänger ist aus "Electronics Letters" vom 22. Oktober 1987, VOL. 23, NO 22, Seiten 1195 und 1196 bekannt. Bei diesem Empfänger wird das DPSK-modulierte Lichtsignal einem Eingangsanschluß ES zugeführt, mit dem ein erster Eingangsanschluß eines 3dB-Kopplers verbunden ist. Mit einem weiteren Eingangsanschluß dieses Kopplers ist der Anschluß ELO für das Signal eines lokalen Lasers verbunden. Die beiden Ausgangsanschlüsse des 3dB-Kopplers sind getrennt mit Eingängen zweier Polarisationsstrahlteiler BS1, BS2 verbunden, die jeweils zwei Kombinationssignale erzeugen, deren Polarisationen zueinander orthogonal sind, so daß ein erstes Paar an Kombinationssignalen gleicher Polarisation und ein zweites Paar an Kombinationssignalen mit einer zum ersten Paar um 90° gedrehten Polarisation erzeugt wird. Das erste Paar an Kombinationssignalen wird jeweils getrennt Fotodioden zugeführt, entsprechend das zweite Paar Kombinationssignale weiteren Fotodioden. Die Fotodioden sind im Gegentakt geschaltet, so daß am mittleren Verbindungspunkt der beiden Fotodioden die Differenz der erzeugten Fotoströme ansteht und an einen nachgeschalteten Fotostromverstärker abgegeben werden kann. Die Fotostromverstärker bilden dabei den Eingangsteil eines ersten bzw. zweiten Empfängerzweiges, in den Empfängerzweigen ist der Fotostromverstärker jeweils ein Demodulator nachgeschaltet, die Ausgangssignale der Demodulatoren werden über einen Analogsummierer zusammengefaßt und nach Tiefpaßfilterung und weiterer Verstärkung an einen Datenausgang abgegeben. Die beiden Empfängerzweige stellen dabei getrennte Heterodynempfänger dar, die die in den Fotoströmen enthaltenen ZF-Signale demodulieren.

Da sich die optische Leistung der Empfangslichtwelle auf die beiden, den Fotostromverstärkern zugeführten Stromkomponenten aufteilt, die Amplituden der elektrischen ZF-Signale aber proportional der Feldstärke der jeweiligen Lichtwelle sind, werden diese Amplituden proportional der Wurzel aus den Leitungsanteilen der beiden Komponenten. Die Demodulation der DPSK-modulierten ZF-Signale geschieht in einem ersten bzw. zweiten Demodulator durch Multiplikation des um ein Bit verzögerten ZF-Signals mit dem unverzögerten ZF-Signal. Da sich während eines Bits die Polarisation und damit die Amplitude des ZF-Signals nicht ändert, wird diese Amplitude mit sich selbst multipliziert und damit quadriert. Die sich ergebenden Basisbandsignale werden dadurch proportional den Anteilen  $x$  bzw.  $1-x$  der optischen Leistung der Empfangslichtwelle in den beiden Lichtstromkomponenten, nach der Addition von  $x$  und  $1-x$  ergibt sich ein konstantes Ausgangssignal.

Ein weiterer Empfänger der eingangs erwähnten Art für DPSK-modulierte Lichtsignale ist in "Electronics Letters" vom 12. September 1985, VOL. 21, No. 19, Seiten 867 und 868 beschrieben. Auch bei diesem Empfänger wird die Demodulation der ZF-Signale mittels Multiplizierern vorgenommen, denen jeweils das ZF-Signal des einen Empfängerzweiges direkt und zum anderen über ein Verzögerungsglied zugeführt wird. Die Ausgangssignale der Multiplizierer werden wiederum in einem Addierer zusammengefaßt.

Das Problem bei den bekannten Empfängern für

DPSK-modulierte Lichtsignale liegt in der Realisierung der Multiplizierer mit ausreichend großem Dynamikbereich. Da die Amplitude des ZF-Signals in jedem der beiden Empfängerzweige zwischen Null und dem Maximalwert in Abhängigkeit vom Anteil der Empfangslichtwelle an der jeweils verarbeiteten Lichtstromkomponente schwankt, ist für die Multiplizierer erfahrungsgemäß ein Dynamikbereich von etwa 18 dB erforderlich. Wenn solche Multiplizierer für die Verarbeitung von ZF-Signalen mit Bitraten von einigen 100 Mbit/s bis über 1 Gbit/s geeignet sein sollen, sind sie sehr schwierig aufbaubar und aus Serienfertigung nicht erhältlich.

Die Aufgabe bei der vorliegenden Erfindung besteht also darin, eine Möglichkeit zum Empfang DPSK-modulierter Lichtsignale zu schaffen, die keine Multiplizierer mit großem Dynamikbereich benötigt und bei der möglichst handelsübliche Bauteile verwendet werden können.

Erfahrungsgemäß wird die Aufgabe durch einen Polarisations-Diversitäts-Empfänger der eingangs erwähnten Art gelöst, der durch die im Kennzeichen des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale weitergebildet ist. Von besonderem Vorteil bei der erfahrungsgemäßen Lösung ist die Verwendung eines handelsüblichen Ringschalters in dem Arbeitsbereich, in dem dieser optimal funktioniert, so daß sich Demodulatoren für Signale mit vergleichsweise sehr großen Dynamikbereich aufbauen lassen, ein weiterer Vorteil der Erfindung liegt darin, daß der erfahrungsgemäße Polarisations-Diversitäts-Empfänger durch die Möglichkeit der Signalgewichtung und damit der Unterdrückung des Ausgangssignals des Empfängerzweiges, der nur Rauschsignale produziert, eine vergleichsweise hohe Empfängerempfindlichkeit erreicht, die der eines entsprechenden Heterodynempfängers mit einer aufwendigen Polarisationsregelung entspricht. Zweckmäßige Ausbildungen des erfahrungsgemäßen Empfängers sind in den weiteren Patentansprüchen näher beschrieben.

Die Erfindung soll im folgenden anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

Dabei zeigt

Fig. 1 ein Polarisations-Diversitäts-Empfänger nach der Erfindung und

Fig. 2 die Detailschaltung eines im Empfänger nach der Fig. 1 eingesetzten Demodulators.

Der optische Eingangsteil des in der Fig. 1 dargestellten erfahrungsgemäßen DPSK-Polarisations-Diversitäts-Empfängers entspricht weitgehend dem in der Einleitung beschriebenen Empfänger aus "Electronic Letters" von 1987. Das über die Eingangsanschlüsse ES für das Empfangslicht und ELO für das Licht des lokalen Lasers zum 3 db-Koppler K gelangende Licht wird dort miteinander kombiniert und über die beiden Ausgangsanschlüsse des Kopplers den beiden Polarisationsstrahlteilern BS1, BS2 zugeführt, die jeweils zwei Kombinationssignale KS1, KS3 bzw. KS2, KS4 erzeugen, wobei die Polarisationen der Kombinationssignale zueinander orthogonal sind und zwischen den beiden Polarisationsstrahlteilern übereinstimmen. Die Kombinationssignale gelangen auf zugeordnete Fotodiodenpärchen D1, D2 bzw. D3, D4, die jeweils im Gegentakt zusammenge schaltet sind, wobei der eine Anschluß der Fotodiodenpärchen mit Bezugspotential und der andere mit einer Vorspannungsquelle U1, U2 verbunden ist. Am Verbindungspunkt der beiden Dioden eines Pärchens entsteht die Differenz der Fotoströme, die jeweils an einen nachgeschalteten ersten bzw. zweiten Fotostromverstärker

IF1, IF2 als Eingangsteile jeweils eines Empfängerzweiges abgegeben wird. In jedem Empfängerzweig sind mit dem Ausgang des Fotostromverstärkers die Eingänge einer ersten bzw. zweiten Gleichrichteranordnung GA1, GA2 und eines ersten bzw. zweiten Demodulators DM1, DM2 verbunden. Mit dem Ausgang der Demodulatoren sind jeweils erste Eingänge eines ersten bzw. zweiten Multiplizierers M1, M2 verbunden, deren zweite Eingänge mit den Ausgängen der ersten bzw. zweiten Gleichrichteranordnung GA1, GA2 verbunden sind. Die Ausgänge der Multiplizierer sind mit zugeordneten Eingängen eines Analogsummierers AS verbunden, dessen Ausgang über ein zentrales Tiefpaßfilter LPF mit dem Signalausgang SA verbunden ist. Die Gleichrichteranordnungen enthalten jeweils einen Spitzenwertgleichrichter für die positive Halbwelle des verstärkten Fotodiodenstroms und ein nachgeschaltetes Tiefpaßfilter. Die Multiplizierer sind nun als geregelte Verstärker aufgebaut, so daß der erste Multiplizierereingang dem Signaleingang des Verstärkers und der zweite Multiplizierereingang dem Regeleingang des Verstärkers entspricht. Dem Signaleingang des Verstärkers werden die demodulierten ZF-Signale, also die Basisbandsignale zugeführt, während der Regeleingang ein sich vergleichsweise langsam änderndes Signal erhält, das der Wurzel des Amplitudenanteils der Empfangslichtwelle im jeweiligen Empfängerzweig entspricht. Durch die Verknüpfung beider Größen, also durch die Amplitudenquadratur, erhält man entsprechend den Anteilen der Empfangslichtquelle im Empfängerzweig gewichtete Basisbandsignalanteile, die nach Summierung ein Ausgangssignal mit konstanter Amplitude ergeben.

In der Fig. 2 ist die Innenschaltung der in Fig. 1 verwendeten Demodulatoren DEM1, DEM2 dargestellt. Der Eingang E des Demodulators ist mit einem Ausgang eines der Fotostromverstärker EF1, EF2 und der Ausgang des Demodulators ist mit den Eingängen eines Vorverstärkers VV und einer Verzögerungsleitung VL verbunden. Diesen Anordnungen ist ein handelsüblicher Ringmodulator bzw. Ringmischer derart nachgeschaltet, daß mit dem einen Signaleingang S1 des Ringmischers der Ausgang der Verzögerungsleitung verbunden ist, während der andere Signaleingang S2 des Ringmischers mit Bezugspotential verbunden ist. Beide Signaleingänge S1, S2 sind im Ringmischer mit einer ersten Wicklung W1 eines ersten Übertragers TR1 verbunden. Die magnetisch mit der ersten Wicklung gekoppelte zweite Wicklung W2 des ersten Übertragers TR1 enthält eine Mittelanzapfung, die mit dem Ausgangsanschluß des Vorverstärkers VV, also mit dem ersten Trägereingang T1 des Ringmischers verbunden ist. Der eine äußere Anschluß der zweiten Wicklung W2 ist mit dem Anodenanschluß einer ersten Mischerdiode MD1 und dem Katodenanschluß einer vierten Mischerdiode MD4 verbunden. Entsprechend ist der zweite Anschluß der zweiten Wicklung W2 mit dem Katodenanschluß einer zweiten Mischerdiode MD2 und dem Anodenanschluß einer dritten Mischerdiode MD3 verbunden. Der Katodenanschluß der ersten Mischerdiode MD1 ist mit dem Anodenanschluß der zweiten Mischerdiode MD2 und mit einem äußeren Anschluß einer dritten Wicklung W3 verbunden, die mit einer vierten Wicklung W4 magnetisch gekoppelt ist und einen Teil eines zweiten Übertragers TR2 darstellt. Entsprechend ist der zweite äußere Anschluß der dritten Wicklung W3 mit dem Katodenanschluß der dritten Mischerdiode MD3 und dem Anodenanschluß der vierten Mischerdiode MD4 verbunden, die Mittelanzapfung der dritten Wicklung W3 ist mit einem

zweiten Trägeranschluß T2 des Ringmischers RM und damit mit Bezugspotential verbunden. Die vierte Wicklung W4 erzeugt das Ausgangssignal des Ringmischers RM, der eine Anschluß dieser Wicklung ist mit Bezugspotential und der andere mit dem Ringmischerausgang RMA, der gleichzeitig den Demodulatorausgang darstellt, verbunden.

Bei der geschilderten Schaltung für den Demodulator arbeitet der handelsübliche Ringmischer bzw. Ringmodulator als Umpoler, so daß sich ein Schalterdemodulator ergibt. Dabei wird das durch die Verzögerungsleitung VL um 1 Bit verzögerte ZF-Signal im Sinne des unverzögerten Signals umgepolzt. Die durch das Umschalten entstehende Mischung erzeugt das Basisbandsignal. Dessen Amplitude ist proportional die Amplitude des ZF-Signals, also der Wurzel aus x bzw. aus  $1-x$ , den Anteilen der Empfangslichtwelle auf die Polarisationskomponenten bzw. den Anteilen der optischen Leistung der Empfangslichtwelle in jedem der beiden Empfängerzweige. Der Vorteil ist dabei, daß das Ausgangssignal des Umpolers von der Schalteramplitude unabhängig ist und, da die Funktion des Ringmischers als Umpoler seiner idealen Funktion entspricht, ein entsprechend aufgebauter Demodulator Signale in einem größeren Dynamikbereich verarbeiten kann. Bei der bisher üblichen Funktion des Ringmischers als Multiplizierer im DPSK-Diversitäts-Empfänger ist wegen des Betriebs der Dioden im Anlaufstromgebiet nur ein Dynamikbereich von 4–5 dB erreichbar.

Der beschriebene Empfänger für DPSK-modulierte Signale enthält also die Kombination eines Ringmischers als Schalterdemodulator zusammen mit einer Signalgewichtung durch einen vergleichsweise langsamem Multiplizierer, wobei durch die Gewichtung dieselbe Empfängerempfindlichkeit erreicht wird, wie sie ein entsprechender Heterodynempfänger mit Polarisationsregelung aufweist.

Die Realisierung eines langsamem Multiplizierers in Form eines geregelten Verstärkers für die Basisbandsignale bereitet dabei keine großen Probleme, ebenso ist die Realisierung des Schalterdemodulators unkritisch, da die verwendeten Ringmischer bzw. Ringmodulatoren mit Arbeitsbereichen bis über 1 GHz beispielsweise für Richtfunkzwecke handelsüblich sind.

#### Patentansprüche

1. Polarisations-Diversitäts-Empfänger für DPSK-modulierte Lichtsignale mit einem optischen Signalverarbeitungsteil, der aus dem Empfangslicht und dem Licht eines lokalen Lasers vier Kombinationssignale erzeugt und dabei die Polarisierungen des ersten bzw. zweiten zum dritten bzw. vierten Kombinationssignal orthogonal sind, daß die Kombinationssignale jeweils getrennt im Gegentakt geschalteten foto-elektrischen Wandlern zugeführt werden, deren Fotoströme nach Differenzbildung an jeweils einen Empfängerzweig abgegeben werden, daß in jedem Empfängerzweig ein, einem Fotoverstärker nachgeschalteter Demodulator enthalten ist, dessen Ausgangssignal, gegebenenfalls nach zusätzlichen Signalumformungen, einem Analogsummierer zugeführt wird, dessen Ausgangsanschluß wahlweise direkt oder über ein Tiefpaßfilter mit einem Signalausgang verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Demodulatoren (DEM1, DEM2) jeweils einen geschalteten Ringmischer (RM) enthalten, dessen Eingang (S1) für das zu mo-

dulierende Signal über eine Verzögerungsleitung (VL) und dessen Eingang (T1) für das Trägersignal über einen Vorverstärker (VV) an einen Ausgang des zugeordneten Fotostromverstärkers (IF1, IF2) angeschlossen ist, daß dabei der zweite Trägereingang (T2) und der zweite Signaleingang (S2) des Ringmischers (RM) mit Bezugspotential verbunden sind und der Ringmischerausgang (RMA) den Ausgang des Demodulators (DEM1, DEM2) darstellt, der mit einem Signaleingang eines nachgeschalteten langsamen Multiplizierers (M1, M2) verbunden ist, daß mit dem Ausgang des zugeordneten Fotostromverstärkers (IF1, IF2) zusätzlich der Eingang einer ersten bzw. zweiten Gleichrichteranordnung (GA1, GA2) verbunden ist, die einen Spitzenvwertgleichrichter für die positive Halbwelle des verstärkten Fotostroms und ein nachgeschaltetes Tiefpaßfilter enthält und deren Ausgang (G1, G2) mit einem Regeleingang des Multiplizierers (M1, M2) verbunden ist, daß die Ausgänge der Multiplizierer (M1, M2) die Ausgänge der Empfängerzweige darstellen und mit zugeordneten Eingängen eines Analogsummierers (AS) verbunden sind und daß der Ausgang des Analogsummierers (AS) über ein zentrales Tiefpaßfilter mit dem Signalausgang (SA) des Empfängers verbunden ist.

2. Polarisations-Diversitäts-Empfänger nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die langsamen Multiplizierer (M1, M2) einen geregelten Verstärker enthalten, dessen Signaleingang den Signaleingang des Multiplizierers und dessen Regeleingang den Regeleingang des Multiplizierers darstellt.
3. Polarisations-Diversitäts-Empfänger nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle eines zentralen Tiefpaßfilters (LPF) den Eingängen des Analogsummierers jeweils ein separates Tiefpaßfilter vorgeschaltet ist.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

— Leerseite —

FIG 1

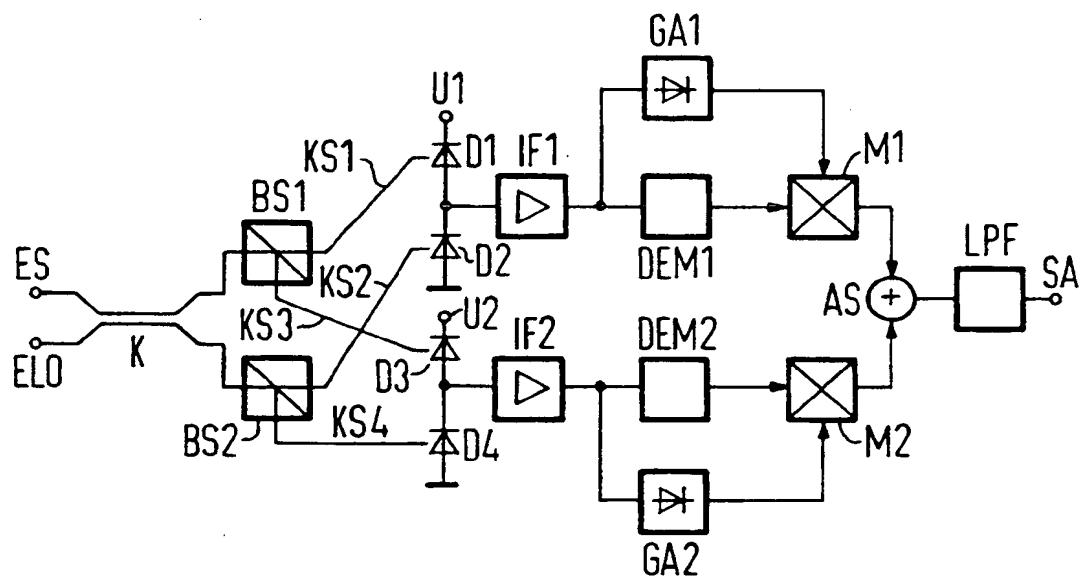
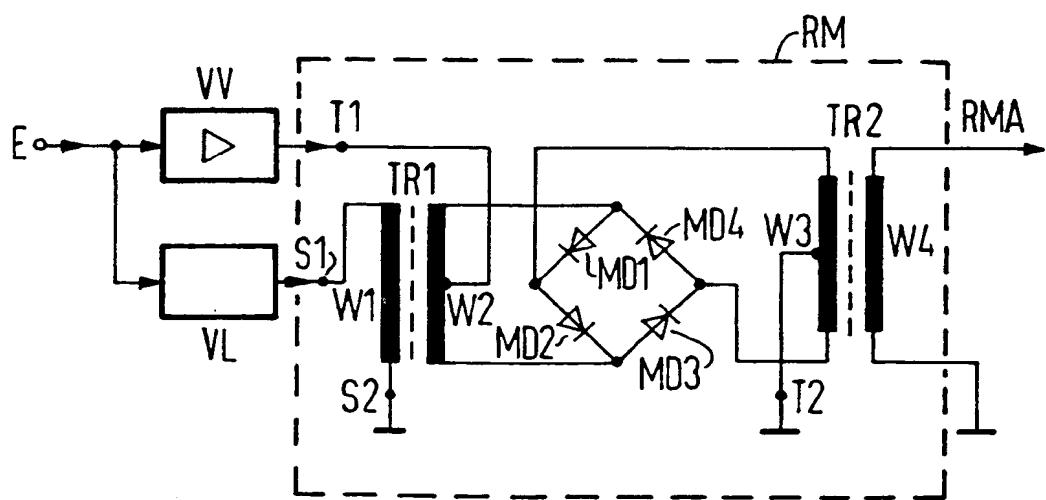


FIG 2



BEST AVAILABLE COPY